

阪神高速道路公団 正会員 ○正田 正一
大阪大学 工学部 正会員 毛利 正光

1. はじめに この研究の素地は、現在各都市で進められている避難計画に着目し、都市がどのような状況になった時避難計画が必要となるかを探ることから始まる。さらに、実際の震災時に避難計画がうまく機能するかの検討を加え、より安全な計画にするための方策を見つけだそうとした。そのため、昭和54年に大阪市内の住民や従業者にアンケート調査を行って地震時にどういふ状態になるかを予想し、また最も重要な避難施設である広域避難場所の配置を定量的に評価する方法を提案した。

2. 広域避難計画について 広域避難計画は地震時に大都市で発生する同時多発性火災に対処するための考えられた防災対策である。しかしその大都市も昔は人口や建物の過密がそれほど数しくなく、したがって延焼危険も小さいうえ万一火災が起こっても市民は近所の空地などに逃げれば充分であった。つまり、都市が発達するにつれて広域避難が必要になる限界状態が存在すると考えられる(図-1)。本研究では、図-2のような避難圏域モデルを考え、圏域内の最大避難距離($L-l$)が人間の限界歩行距離 l_c より小さい時判定値 $\eta = l_c - (L-l) > 0$ となり、広域避難が整備されているとした。その結果より次のような式が得られた。

(1) 実際の都市人口にもとづく判定式

$$\eta = l_c - \sqrt{\frac{A_c}{2M}} + \sqrt{\frac{P_c}{2\alpha M}} + 2N^2 + 2N\sqrt{\frac{P_c}{\alpha M}} \quad (\text{正方形モデル})$$

ここで N は次の不等式を満たす最小値で、安全後退距離を表す。

$$\varphi = \left(\frac{1}{\pi} \right) \left(\frac{B/L}{\sqrt{(N-L\cos\theta)^2 + B^2/4}} \tan^{-1} \left(\frac{L\cos\theta}{\sqrt{(N-L\cos\theta)^2 + B^2/4}} \right) + \frac{L\sin\theta}{\sqrt{(N-L\cos\theta)^2 + B^2/4}} \tan^{-1} \left(\frac{B/2}{\sqrt{(N-L\cos\theta)^2 + (L\sin\theta)^2}} \right) \right) \leq 0.0521$$

(2) 実際の避難場所面積にもとづく判定式

$$\eta = l_c - \sqrt{\frac{A_c}{2M}} + \sqrt{\frac{Q_c}{2M}} \quad (\text{正方形モデル})$$

ここで、 η : 広域避難整備の判定値 (m), l_c : 限界歩行距離 (m)
 M : 対象地域の避難場所数, A_c : 対象地域面積 (m²)
 P_c : 対象地域内の人口 (人), α : 収容率 (人/m²)
 Q_c : 対象地域内の避難場所面積 (m²) N : 安全後退距離 (m)

図-3 は上の式を用いて都市の変化が広域避難に及ぼす影響を調べたもので、総避難場所面積一定のもとで避難場所数を増加させることが最も効果が高いことがわかる。

3. 震災時の自動車走行台数 本研究では、地震直後の走行自動車の発生源が、1)地震時の地区内走行台数、2)地震時の地区内駐車台数、3)地震後の地区内流入台数の三つであるとした。そして地区として大阪市内の大正区を選んだ。大正区は大阪湾岸部にある島状の地域で、他区との連絡は五つの橋でしか行えないため、地区内流入台数は無視した。すると地震直後の走行台数 η は次のように表わせる。

$$\eta = (\text{地震時走行台数}) \times \alpha + (\text{地震時駐車台数}) \times \beta$$

ここで、 α , β はそれぞれの場合の地震後の車利用率である。大阪市の調査では運転中に地震に襲われたらという質問に、行けるところまで車で行くと答えた人は車保有者の6%、その場には、てけないといわれないとした

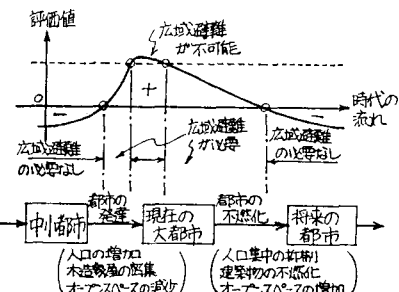
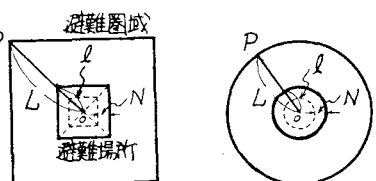


図-1 都市の発達と広域避難計画



(1) 正方形モデル (2) 円形モデル
図-2 避難圏域モデル

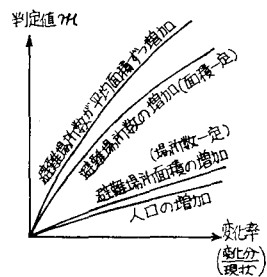


図-3 都市変化が広域避難に及ぼす効果

人が15%で、 α は6~21%の間にあると考えられる。また、 β は今回のアンケート調査において従業員では自動車通勤者の31%、住民では車保有者の11%が震災時にも車を利用すると答えているので、11~31%とした。走行台数は航空写真(午後12時~2時)から読みとった。次に駐車台数は筆者らの調査⁴⁾により駐車スペース量が求まており、それに航空写真から主な駐車場の平均駐車指数を出しかけ合わせたものとした。走行台数6100台、駐車スペース量27000台、駐車指数0.45とする。その結果昼間では、震災時の自動車走行台数は1700~5000台という値が得られた。避難道路延長が5.8kmであるから、仮に車の平均速度を20km/hとすると交通量は5700~17000台/時となる。これは、6車線道路の基本交通容量7500台/時と比べると、渋滞がおこる可能性がある。

4. 避難場所配置の評価法 図-4は収容人口以上の人が集まる可能性のある避難場所をアンケート調査から求め図示したものである。これより中部北部で避難場所が不足していることがわかる。表-1は大阪市北部と南部の避難場所面積を比較したもののだがいずれも北部が大まい。従って避難場所に来まる人口に偏在がけられるのは、避難場所面積よりも配置に原因があると考えられる。従来の施設配置の評価にはLP法やSimulation法があるが、避難区域の大きさが避難圏域の大きさが避難場所の面積に左右されて不均衡なものになるという欠点があった。そこで、本研究では全市民の中で避難場所まで一番長い距離を歩く人の歩行距離を短くするという判断基準にたち、市民の避難距離に不公平がないようにした。[手法1] 評価を行う手順は、一定の法則に従い避難場所をノードとするネットワークを組み(図-5)全リンクの平均長 U_a 、分散 Var 、および下を示す f の三つの指標を用いて評価を行う。

$$\textcircled{1} U_a = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L U_i \quad \textcircled{2} Var = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L (U_i - U_a)^2$$

$$\textcircled{3} f = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N f_j, \quad f_j = \frac{4}{\sqrt{3}} \times \left(\frac{A_j}{U_j^2} \right) \quad (0 < f \leq 1)$$

(ここで、 L :リンク本数、 U_i :リンク i の長さ、 A_j :三角形 j の面積)
 N :三角形の数、 U_j :三角形 j の三辺の平均長

となる。 U_a は小さいほど施設が密に配置されていることを示し、 Var は小さいほど施設が偏在していないことを示す。また f は大きいほど適正な配置であることを示す(表-2)。北部は施設が密に配置されているものの偏在があり適正とはいえない。

[手法2] 図-6に示すように各避難場所から同一距離だけ離れた点を曲線で表わし、対象地域をこの閉曲線ですべて覆いつくせる最小の距離半径 r を求める。次に、隣接する二つの閉曲線の重なりあった部分の面積を求めその総和を A とする。配置評価の指標として r と A/M を用いる。ここで M は避難場所数である。大阪市北部は $r=3.58$ km、 $A/M=61.6$ km²、大阪市南部は $r=2.18$ km、 $A/M=70$ km²となる。この手法においても大阪市北部が南部より適正な配置がなされていると思われる。

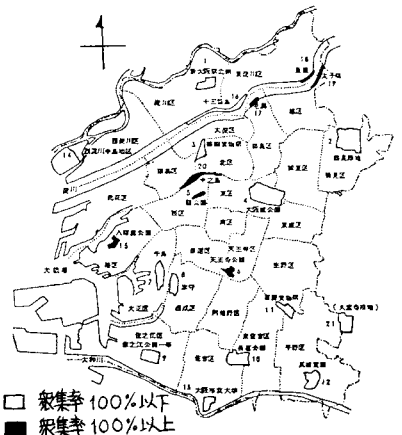


図-4 収容人口以上の人が集まる避難場所

表-1 避難場所の面積比較

	避難場所 面積(km ²)	避難場所 面積(km ²)	A/B	避難人口 C(万人)	A/C
北部	394.2	128.9	3.04%	151.7	2.59
南部	211.1	79.3	2.66%	126.2	1.67

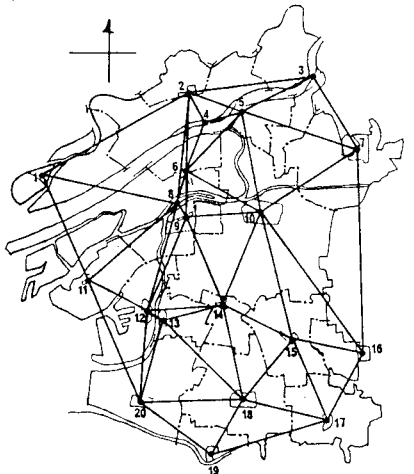


図-5 避難場所配置の評価方法(その1)

表-2 配置評価の指標

比較項目	距離 U_a (km)	分散 Var (km ²)	f
北部地域	3.85	2.720	0.6812
南部地域	4.03	1.595	0.7739
現況	3.92	2.385	0.7473
将来計画	3.75	2.440	0.7720

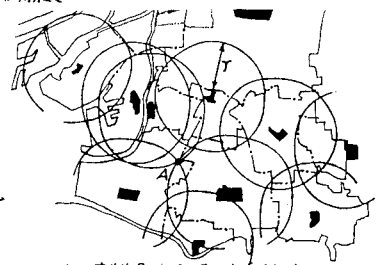


図-6 避難場所配置の評価方法(その2)